

ADI烟雾检测系统 解决方案

据预测，至2050年，超过65%的人口将居住于城市，为了保护楼宇和城市人们的安全，烟雾探测受到越来越高的重视，各国相关的法规和标准也逐步变得更有力量，更严格。过去误报警使得部分场合的烟雾报警装置被禁用，同时现代生活和工作空间也存在更多易燃合成材料，这些因素导致火灾发生的几率增大，造成了一定程度的人生财产损失。

针对烟雾检测，各个国家都出台了相关的法规及标准：美国和加拿大执行标准UL 268和UL 217；欧洲于2006年发布标准EN 14604；英国标准BS EN 54，这是对2015年发布标准EN 54的解释，该标准的第29部分适用于烟雾检测；2018年发布国际标准ISO 7240，该标准第七条适用于烟雾检测，而中国关于点式烟雾探测器的标准参照的是2003年版国际标准。

ADI烟雾检测解决方案

对于烟雾检测，ADI提供了全方位系统方案，涵盖传感器、模块、评估板、算法和数据集，解决方案具有小尺寸、低功耗等特点。ADI所有一经发布的解决方案都在具有认证资质的机构经

过了全面的验证，测试结果表明均符合标准规范。参考的主要标准是UL 217和UL 268。

图1示例了ADI不同形式的解决方案，涵盖模拟前端、模块及评估套件：

1. **ADPD1080**：模拟前端，这是一款集成了14位模数转换器（ADC）和20位突发累加器的高效率光电式测量前端，通过激励LED并对相应的光学返回信号进行测量；
2. **ADPD188BI**：适用于烟雾探测的集成光学模块，两个发光二极管（蓝光/红光LED），两个光电二极管和模拟前端高度集成于4mm x 5mm尺寸内；
3. 烟室：由于严格的法规，ADI与Accumold公司合作开发了Accumold 28800X精密模制的烟室，这是一个经过优化的腔室，可较大幅度地提高通过烟雾传感器模块的气流；
4. **CN0537**：烟雾检测参考设计，通过了UL 217、UL 268标准的全面验证，涉及的算法在Arduino兼容的硬件中得到了验证。0.125 英寸

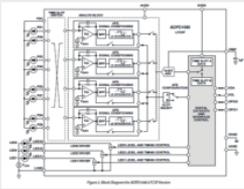
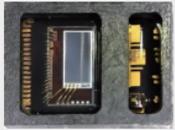
<p>Sensor Interface IC</p>	<p>Smoke Sensor Module</p>	<p>Precision Molded Smoke Chamber</p>	<p>Smoke Detection Reference Design</p>
			
<p>Integrated High Performance Photometric Front End</p>	<p>Integrated Smoke-to-Bits Smoke Sensor</p>	<p>Optimized Chamber Design for ADPD188BI</p>	<p>UL217 / 268 Tested and Verified Algorithm with Arduino Compatible Hardware</p>
<p>ADPD1080 AFE</p>	<p>ADPD188BI Sensor (LED, PD, AFE)</p>	<p>Accumold-28800X Smoke Chamber</p>	<p>CN-0537 Reference Design</p>

图1. ADI烟雾检测解决方案

CN0537烟雾探测解决方案具有几大优势：1.性能：符合最新的UL 217和UL 268以及EN 54和14604规范；2.测试及验证：参考设计涵盖的算法均经过了测试和全面验证满足，帮助使用者缩短了开发时间，降低了风险和成本；3.功耗，较其它解决方案，节约大概1/3的功耗，极大的延长了电池寿命；4.尺寸，传感器大小仅为2.8 x 5mm，而腔室尺寸为36 x 30 x 11.5mm，这种节省空间的集成模块和优化的腔室增加了额外附加功能可以使用的空间；5.制造效率，工厂校准的传感器可将检测器的生产时间缩短多达50%，集成的LED和光电二极管降低了光学元件对准难度并提高了产品可靠性。

1. 烟雾探测器检测原理

图2、3示出了两种常用的烟雾检测方法工作原理，图2是电离技术，此技术对燃烧且有明火的烟雾极为有用。一般而言，在包含辐射材料的激发板上施加电压时会得到一个电流——由一个电极流至另一个电极。当烟雾进入腔室时这些键会与烟雾结合，破坏了电流路径。在某一个电平下当电流中断太多则会偏离基准值，警报随之会响起。图3是光电系统工作原理，有光源的地方工作需要聚焦光束，它会反射到光电探测器或外壳另一侧，有些光电系统会有一对90度反射的路径。当烟雾在腔室内积聚时，光线要么直穿过去，要么反射回90度角，这说明系统中有烟雾而需要报警，这一切都建立在不同的阈值和不同的电平上。光电原理更擅长检查阴燃的火灾。

2. ADPD188BI的设计原理

ADPD188BI，基于光电式原理的烟雾探测模块，采用光学双波长技术对烟雾进行检测。通过LED发出脉冲光源，光源经过烟雾微粒散射后射到光电探测器上产生相应的电流，电流量与烟雾的浓度有关，通过两个LED所产生的电流量比值可以计算出相应的烟雾种类。

ADPD188BI采样速率大小设置影响功耗的大小，一般而言采样率的设置由脉冲数量决定，此模块的实际功耗极低。高度集成的设计不仅有较高的可靠性，同时消除了分立元器件供应链的管理和审核。

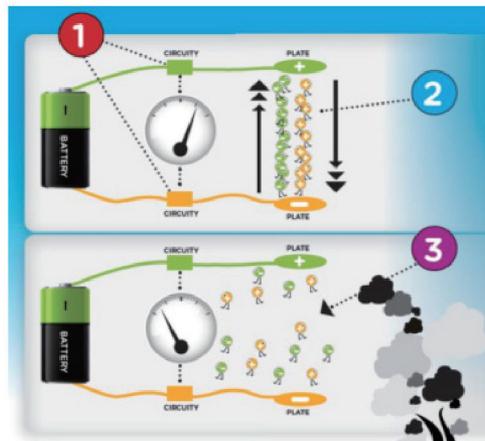


图2. 电离技术

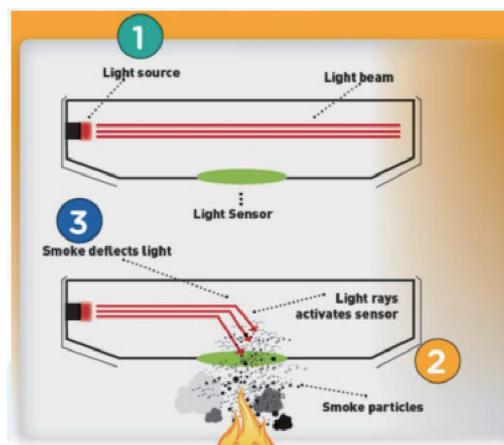


图3. 光电技术

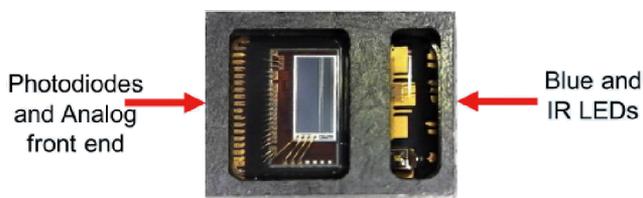


图4. ADPD188BI剖面图

ADPD188BI采用的是后向散射技术而非前向散射技术，光束向前穿过腔室直接向上发射光，发射到腔室并返回到光电探测器。烟雾填充后，越来越多的光纤会散射到光电探测器中。无烟雾时光线会被反射到腔室四周，不会被测量或读回至传感器本身。图5示例了基于光电技术的ADPD188BI检测原理。

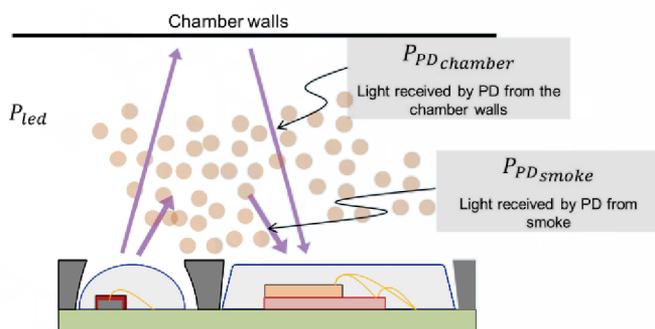


图5. 基于光电技术的ADPD188BI检测原理

功率传输比PTR (nW/mW) 这个指标对烟雾进行量化，它返回的是一个无单位数字。PTR是比率指标，因此无需担心LED老化和温度漂移的影响。由于是背景信号测量，因此与腔室和其中的清洁空气相关，当烟雾填充到腔室中时，测量值就会在背景信号的基础上变大。

如下是利用PTR指标时几个相关原理，参考如下：

$$PTR_{smoke} = PTR - PTR_{chamber}$$

$$PTR_{chamber} = \frac{P_{PDchamber}}{P_{led}}$$

$$PTR_{smoke} = \frac{P_{PDsmoke}}{P_{led}}$$

3. 烟室设计

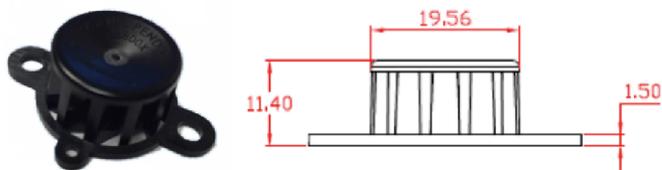


图6. 烟雾探测腔室设计

烟室的设计经历了多次迭代，每一次的迭代都是对系统的优化。目前ADI已拥有一个测量效果较好的腔室，优化的目标是腔室PTR较低，动态范围尽可能大，并且腔室不能对气流产生太大的阻碍作用。腔室的设计希望尽可能少的将光线反射回测试系统，当前设计的PTR大约为20 nW/mW。

4. CN0537参考设计

CN0537参考设计以ADPD188BI为主体，旨在加速设计人员对烟雾探测器领域的了解，加速系统设计，降低风险和开发成本。提供的资料包括应用源代码和数据集。

CN0537方案采用Arduino外形尺寸，可扩展到不同的微处理器。得益于传感器本身的低功耗和精心设计的算法，系统功耗较低，电池寿命可以持续10年之久。CN0537方案基于UL 217和UL 268进行了一系列全面完整的测试，并得到了一批珍贵的数据集。ADI为用户提供大量的研发资料，比如源代码（不包括检测算法），认证设施中采集的1600多个样本火灾/烟气数据集，这些资料为客户的算法开发提供依据。

CN0537参考设计价值体现在算法、数据集和硬件几个方面。算法由MATLAB、Python或C代码完成，使用者也可以通过数据集重新调整当前的算法。对于硬件接口，包含Arduino扩展板插件和MCU控制板。

测试工具以MATLAB，Python和C嵌入式三种形式编写，通用测试工具支持任何一种变体。另外，测试工具本身也是高度模块化设计，使用者若想添加更多测试或添加欧洲标准或其他地区的测试，在购买算法源代码时可以获得所有这些组件。ADI提供包括驱动组件和所有数据文件的一套完整工具。

C版本随算法提供，带有用于连接和控制ADPD188BI的驱动程序，以及用于进一步开发的实用工具。嵌入式版本通过一组crosscore工程提供，可以将此工程类比为SDK项目。Crosscore工程可以处理驱动程序和算法的不同状态，包括器件初始化时钟控制台、启动、校准序列、算法运行以及运行被测系统所需的所有内容。为简化电路板开发和接口，crosscore工程还包括许多额外的组件，比如CLI或命令行界面、本地存储，SD卡操作等。

关于算法本身的内存要求，这是设计中经常要考虑的问题。ADI的算法初衷尽可能地减少计算量，传感器以尽可能低的速率运行来降低功耗，目前的电流消耗大约20到30uA，包括CLI、SD卡操作，额外功能代码的大小约为50 KB。

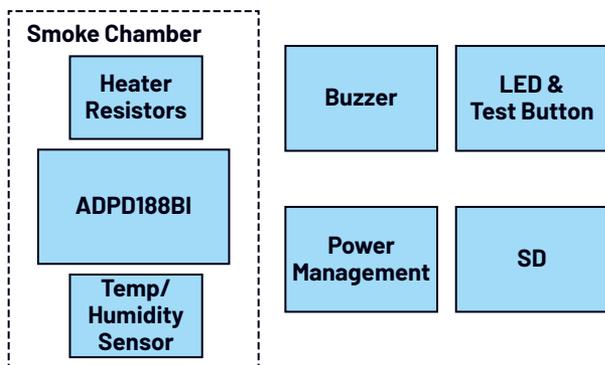


图7. CN0537参考设计框图及demo示意

Algorithm 	Data 	Hardware 
<ul style="list-style-type: none"> • Software <ul style="list-style-type: none"> • CN0537 Source Code including UL 217/UL 268 Detection Algorithm (.c) • MATLAB & Python UL 217/UL 268 Projects • Data <ul style="list-style-type: none"> • UL 217/UL 268 Test Dataset Files • Documentation <ul style="list-style-type: none"> • UL 217/UL 268 Algorithm Documentation • UL 217/UL 268 Test Datasets User Guide • MATLAB/Python User Guide • Support <ul style="list-style-type: none"> • 10 hours of phone support • Additional paid support available if required 	<ul style="list-style-type: none"> • Data <ul style="list-style-type: none"> • UL 217/UL 268 Test Datasets Files • Software <ul style="list-style-type: none"> • CN0537 Source Code (excl. detectionalgorithm) • Documentation <ul style="list-style-type: none"> • UL 217/UL 268 Test Datasets UserGuide 	<ul style="list-style-type: none"> • Hardware <ul style="list-style-type: none"> • CN0537 Reference Design • ADICUP3029 Microcontroller Board • Software <ul style="list-style-type: none"> • Embedded UL 217/UL 268 algorithm(.hex) • ADPD188BIno-0S driver • Documentation <ul style="list-style-type: none"> • Circuit Note • CN0537 User Guide • UL 217/UL 268 Test Results (Intertek)
EVAL-CN0537-ALGO	EVAL-CN0537-DATA	EVAL-CN0537-ARDZ EVAL-ADICUP3029

图8. CN0537参考设计价值

UL 217/268 测试

1. UL规范

UL 217第8版的新增内容真正关注了滋扰情况，就是环境中烟雾但不触发警报的情况，常见例子是厨房做饭。下方表格概述了现有的火灾场景，火源包括木材、纸张或聚乙烯，以及与

时间和遮蔽度相关的报警要求。遮蔽度涉及环境中存在的烟雾密度。

表1. 火源及报警规范 (UL标准)

Fire Source	Alarm Time Spec.	Alarm Obscuration Spec.
Smoldering Wood	-----	before 10%/foot
Smoldering PU	-----	before 12%/foot
Nuisance	-----	NOT before 1.5%/foot
Paper	Less than 4 minutes from test start	-----
Flaming PU	Less than 4 minutes from test start	before 5%/foot
Flaming Wood	Less than 4 minutes from test start	-----
Nuisance + PU	Less than 4 minutes from test start	NOT before 1.5%/foot

图9绿色曲线是烟雾轮廓，具有一些由UL规范规定的特定形状或边界。根据特定火源的警报要求可以绘制警报窗口，同时在时间和幅度上设定警报裕量。每次火灾事件的特征独一无二，因此不能对每个场景都使用相同的标准，因此在设计任何检测器前需要了解不同的烟雾轮廓。为了确保设计鲁棒性，需要捕获各个测试本身以及不同传感器之间可能存在的差异。

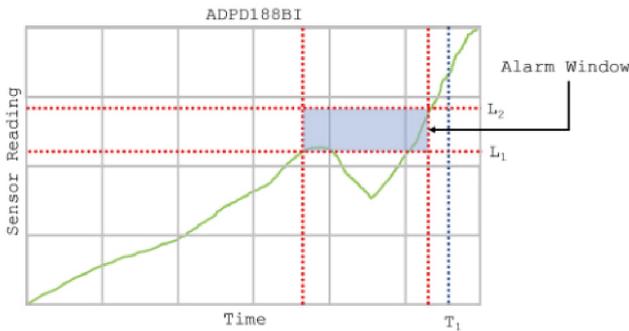


图9. 报警窗口设置

2. 测试举例

图10示例了两种不同的应用场景，左侧仅为滋扰源，如烤箱里烤肉，这种情况无需警报。左侧的y轴是来自传感器的PTR值，这些值尚在安全区间。

右侧是滋扰加真正的火灾，有两个火源在起作用，这种情况需要判断报警触发点。y轴与参考光束或每英尺的遮蔽度有关，此数据可以从测试设备获得。当仔细观察右边的曲线时，可以看到火灾的跃迁点，出现的小驼峰实际上是干扰源变成真正火灾的切换情况。左边的第一部分小斜坡是烹饪产生的烟雾，无需在这个逐渐加大的斜坡情况下发出警报。但是，当过渡到更大的峰值情况时，需要发出警报，并处理第一阶段火灾和第二阶段火灾之间的过渡情况。这种情况特别具有挑战性，因为不允许在下降之前报警，UL 217第8版的新要求对这个时间进行了规定。

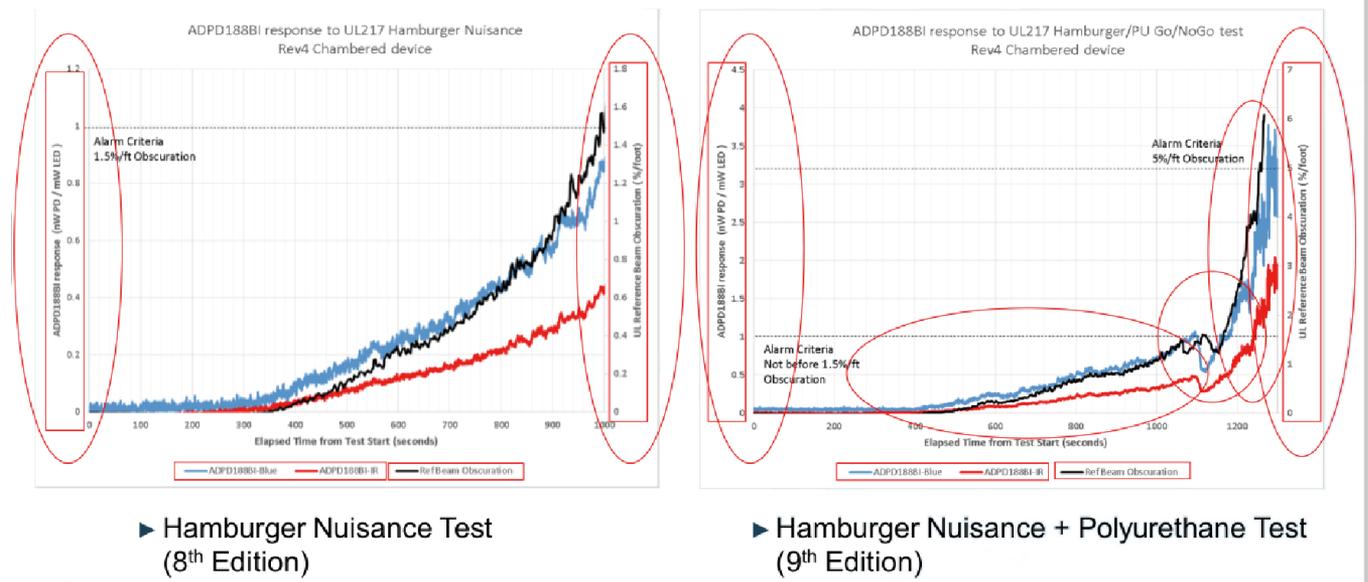


图10. 火源报警示例

ADI选择UL或Intertek这样权威的机构进行测试，通过大规模的测试和收集到的大量数据来捕捉器件的差异性，进一步深入了解传感器在不同火源中的测试情况。依靠这些大量数据来调整参数，改变测试裕量，对算法进行验证，可以在决策过程中更具可预测性，并且依据UL规范中的规则做出明智的决策。

ADI对所提供的包括数据、测试方法、代码集成等均进行了测试。抽取30个样本通过了火灾测试、阴燃木头测试、烹饪滋扰测试，真正的烹饪测试等全面测试和验证，符合UL 217第8版和UL268第7版要求。

表2. UL测试内容

TEST	UL 217 8th	Result
Directionality	43	Pass
Sensitivity	42	Pass
UL- Paper Fire	51.2	Pass
UL- Wood Fire	51.3	Pass
UL- Flaming polyurethane Foam Test	51.4	Pass
UL- Smoldering Smoke Test	52	Pass
UL- Smoldering Polyurethane Foam Test	53	Pass
UL- Cooking Nuisance Smoke Test	54	Pass
UL - Go/No Go Flaming Polyurethane Foam Test	54	Pass
Velocity-Sensitivity Test	44	Pass
Variable Ambient (0 & 49c)	62	Pass
Humidity	63	Pass

表3. 主要产品

器件	规格	应用场合
ADI烟雾检测解决方案		
ADPD1080	光度学前端	适用于可穿戴健康监护仪，临床测量，例如SpO2，工业监控和背景光测量
ADPD188BI	适用于烟雾探测的集成光学模块	适用于烟雾探测
CN0537	UL-217 烟雾监测器模块，带干扰检测	适用于烟雾/火灾探测

结论

如前所述，随着城市化的步伐，烟雾检测器业务会面临更严格的测试，就法规而言，当下UL 217涵盖的内容略有领先而未被普遍采用，但相信后续会被完全普及。ADI不仅提供产品层面的支持，同时提供大量测试中的数据集方便设计人员进行算法验证。ADI致力于为使用者建立可持续，可维护，易于迭代的平台化解决方案，助力加速产品的开发和上市。

ADI 智库

一站式电子技术宝库

ADI智库是ADI公司面向中国工程师打造的一站式资源分享平台，除了汇聚ADI官网的海量技术资料、视频外，还有大量首发的、



关注ADI智库

免费的培训课程、视频直播等。九大领域、十项技术，加入ADI智库，您可以尽情的浏览收藏、下载相关资源。此外，您还可一键报名线上线下会议活动，更有参会提醒等贴心服务。

在线支持社区

ADI EngineerZone™

中文技术论坛

访问ADI在线支持社区，与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问 ez.analog.com/cn



超越一切可能™

如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客服和技术支持，请访问 analog.com/cn/contact。

向我们的ADI技术专家提出棘手问题、浏览常见问题解答，或参与EngineerZone在线支持社区讨论。请访问 ez.analog.com/cn。

©2022 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。商标和注册商标属各自所有人所有。

“超越一切可能”是ADI公司的商标。



请访问 ANALOG.COM/CN